

無線LANを用いた干渉測位における位置推定誤差に関する一検討

武者大樹, 藤井雅弘

宇都宮大学

研究背景

◆ GPS (Global Positioning Systems)を用いた測位

- 高精度な測位が**可能**
- 屋内では衛星からの信号を得ることが**困難**

◆ WLAN (Wireless Local Area Network)による測位

- 屋内でも測位が**可能**
- 端末間で正確な時計同期を行うことは**困難**
→ 時計誤差が発生

GPSでの干渉測位

- 衛星からの**搬送波の位相**を測位局と基準局で計数することで測位を行う
- 時計誤差を**相殺可能**であるため、高精度な測位が**可能**



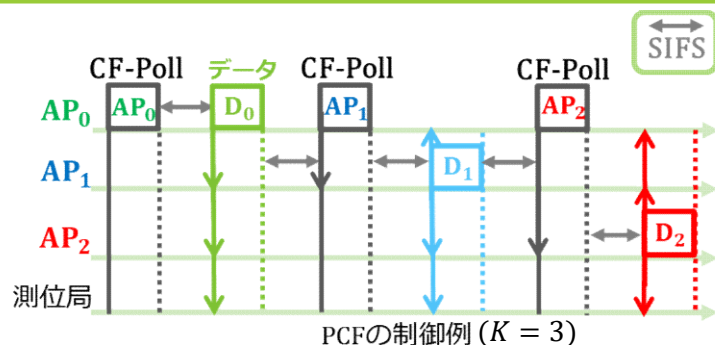
干渉測位の原理に基づき、WLANを用いた新たな位置推定手法を提案

提案手法

◆ モデル

- AP (Access Point) : 位置 $\{u_i\}_{i=0, \dots, K-1}$ が**既知**
- 測位局 : 位置 (u_K) が**未知**
- 全てのAPはIEEE 802.11のPCF (Point Coordination Function)を用いて決められた順に送信

→ フレーム衝突の回避が可能であり、全てのAPが決められたタイミングに送信可能



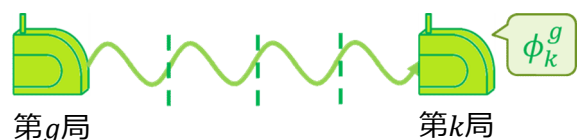
◆ 第k局における第g局からの搬送波位相 ϕ_k^g の計測

$$k \in \mathbb{K} = \{0, \dots, K-1\}$$

$$g \in \mathbb{K}, g \neq k$$

$$\phi_k^g = \rho_k^g / \lambda + N_k^g + f \delta_k - f \delta^g + \epsilon_k^g$$

- ρ_k^g : 第g局と第k局の距離
- ϵ_k^g : 計測誤差 (発振器の誤差)
- λ, f : 搬送波の波長, 周波数
- δ_k : 第k局の時計誤差
- N_k^g : アンビギュイティ
- δ^g : 第g局の時計誤差

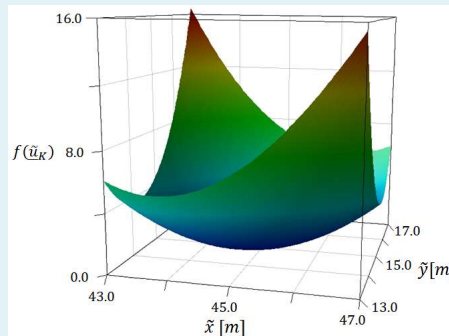


- APは計測した他のAPの搬送波位相と自身の座標をフレームに入れて送信

準ニュートン法による測位

◆ 誤差関数 $f(\tilde{u}_K)$ を最小化する $\tilde{u}_K = [\tilde{x}, \tilde{y}]^T$ を求めることで測位局の位置を推定

$$f(\tilde{u}_K) = \frac{1}{2} \sum_{g=0}^{K-1} \sum_{s=0}^{K-1} \sum_{k=0}^{K-1} \{ \lambda \phi_{k,K}^{g,s} - \rho_{k,K}^{g,s}(\tilde{u}_K) - \lambda N_{k,K}^{g,s} \}^2$$



$u_K = [45, 15]$ の場合

◆ 送信系の時計誤差の相殺

$$\phi_{k,K}^g = \phi_K^g - \phi_k^g = \rho_{k,K}^g / \lambda + N_{k,K}^g + f \delta_{k,K} + \epsilon_{k,K}^g \quad \text{一重位相差}$$

- $\rho_{k,K}^g = \rho_K^g - \rho_k^g$
- $N_{k,K}^g = N_K^g - N_k^g$
- $\delta_{k,K} = \delta_K - \delta_k$
- $\epsilon_{k,K}^g = \epsilon_K^g - \epsilon_k^g$

$K(K+1)$ 個の一重位相差が得られる

◆ 受信系の時計誤差の相殺

$$\phi_{k,K}^{g,s} = \phi_{k,K}^s - \phi_{k,K}^g = \rho_{k,K}^{g,s} / \lambda + N_{k,K}^{g,s} + \epsilon_{k,K}^{g,s} \quad \text{二重位相差}$$

- $\rho_{k,K}^{g,s} = \rho_{k,K}^g - \rho_{k,K}^s$
- $N_{k,K}^{g,s} = N_{k,K}^g - N_{k,K}^s$
- $\epsilon_{k,K}^{g,s} = \epsilon_{k,K}^g - \epsilon_{k,K}^s$

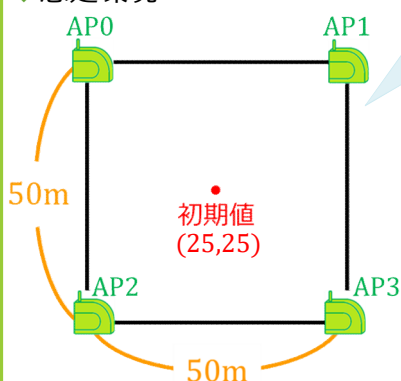
$K \cdot {}_{K-1}C_2$ 個の二重位相差 $\phi_{k,K}^{g,s}$ が得られる

● $f(\tilde{u}_K)$ を最小化する \tilde{u}_K を閉じた形で求めることは不可能

→ 準ニュートン法を用いて位置を推定する

数値計算結果

◆ 想定環境



- 遮蔽物 (壁, 床, 天井) の無い部屋を想定
- 測位局の座標 $u_K = [x, y]^T$ は部屋の領域内でランダムに選択
- 計測誤差 ϵ_k^g は平均0の正規分布に従う

◆ 計測誤差の分散を変化させた場合の誤差の平均 $E \{ \|u_K - \hat{u}_K^{[i]}\| \}$ を評価

RTK-GPSにおける発振器の誤差は1deg

→ 他の誤差を考慮しても、平均1m以下の誤差で測位可能

	誤差平均
誤差無し	0.000002 m
分散 1.0	0.120283 m
分散 3.0	0.360419 m
分散 5.0	0.598952 m

【今後の予定】
移動体の位置推定及びアンビギュイティの推定を検討予定